



ESCUELA DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
DE ZARAGOZA.



# ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.

**Autor:** María José Burillo Yagüe.  
**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.  
**Especialidad:** Ingeniería Técnica  
Industrial: Química Industrial.  
**Fecha:** Septiembre 2012.

# **ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.**



---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*

*A mi familia, por su apoyo.  
A Javi, por su amor.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

# 1.ÍNDICE.

1. ÍNDICE.....	3
2. OBJETO.....	5
3. MEMORIA.....	6
3.1 OBJETIVOS ENERGÉTICOS DE LA UE EN 2020.....	6
3.2 VENTAJAS ASOCIADAS AL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	7
3.2.1 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES.....	7
3.2.2 VENTAJAS SOCIOECONÓMICAS.....	7
3.2.3 CONTRIBUCIÓN A LA ESTABILIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	8
3.2.4 VENTAJAS ESPECÍFICAS DE CADA TIPO DE BIOMASA.....	8
3.2.5 VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DEL USO DE LA BIOMASA.....	8
3.2.6 VENTAJAS SOCIOECONÓMICAS DEL USO DE LA BIOMASA: GENERACIÓN DE EMPLEO.....	9
3.3 MEDIO ANTRÓPICO.....	10
3.3.1 COMUNICACIONES.....	10
3.3.2 NÚCLEOS URBANOS.....	10
3.3.3 SOCIO-ECONOMÍA.....	10
3.4 LOS SUELOS.....	11
3.4.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	12
3.4.2 EL PAPEL DEL RELIEVE EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS.....	14
3.5 MEDIO NATURAL.....	15
4. ENSAYOS.....	19
4.1 TOMA DE MUESTRAS.....	19
4.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	19
4.3 ANÁLISIS QUÍMICO.....	23
4.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	24
4.5 PH.....	25
4.6 RELACIÓN C/N.....	26
4.7 CARBONATO TOTAL.....	27
4.8 CALIZA ACTIVA.....	29
4.9 MATERIA ORGÁNICA.....	30
4.10 CATIONES DE CAMBIO.....	32
4.11 NITRÓGENO TOTAL.....	33
4.12 FÓSFORO ASIMILABLE.....	35
4.13 ANÁLISIS DE AGUA.....	37

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

4.14	DETERMINACIÓN DE LOS CLORUROS.....	38
4.15	CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN LAS PPM DE $\text{CaCO}_3$ . ....	39
4.16	CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN LAS PPM DE $\text{CaCO}_3$ . ....	41
4.17	AZUFRE. ....	44
4.18	COMPARATIVA DE LAS FINCAS. ....	52
5.	ESTUDIO ECONOMICO. ....	54
5.1	OBJETIVOS. ....	54
5.2	Fabricas actualmente existentes.....	56
5.3	Fábricas en estudio. ....	56
5.4	CÁLCULO DEL TIR, VAN PAY BACK 50 Km. ....	59
5.5	CÁLCULO DEL TIR, VAN PAY BACK 100 Km. ....	61
5.6	CONCLUSIONES. ....	63
6.	ANEJO FOTOGRÁFICO.....	64

## **2.OBJETO.**

El objeto de este proyecto denominado “ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS “ es el estudio de las características físicas y químicas de las tierras de la ribera del Ebro y zonas colindantes en las cercanías de Zaragoza a ambos lados de la ribera, para determinar si son apropiadas para cultivos de rotación corta (SFR). La finalidad de estos cultivos es la producción de biomasa para usos térmicos y eléctricos.

Se ha realizado el estudio de 7 fincas localizadas a ambos lados de la ribera del Ebro y al final del presente se obtendrán unas conclusiones a partir de las cuales quedara claro que terreno elegir para el cultivo proyectado, en base a sus características y estudio económico propio.

### 3. MEMORIA.

#### 3.1 OBJETIVOS ENERGÉTICOS DE LA UE EN 2020.

El objetivo 2020 fijado desde la UE para España en participación de renovables para la producción de energía primaria es del 20%. (Según la última Directiva del Parlamento Europeo).

La energía eléctrica tiene un gran potencial para contribuir a alcanzar dicho objetivo. Según el informe de la CE “Energy Road Map COM (2006) 848”, se espera que el sector eléctrico sea quien más contribuya a alcanzar ese 20% en 2020, con una participación del 34 % a partir de renovables en la producción de energía eléctrica.

Los objetivos fijados por el PER (Plan de Energías Renovables) de cara al año 2010 para la Biomasa eléctrica están lejos de cumplirse (Grado de cumplimiento del PER: 35% para la Biomasa eléctrica).

Teniendo en cuenta el espacio que aún queda para la Biomasa eléctrica en España y la apuesta de la UE por las energías renovables en el horizonte 2020, cabe esperar una situación privilegiada para la Biomasa eléctrica en los próximos años.



*Fábrica de Iberdrola en Corduente, Guadalajara.*

## **3.2 VENTAJAS ASOCIADAS AL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA.**

### **3.2.1 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES.**

- Cumplimiento de objetivos medioambientales de la UE.
- Kioto, Plan 20 / 20 / 20 y Directivas Medioambientales.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.
- Tratamiento sostenible de residuos: evita vertidos y quemas incontroladas de biomasa en el campo.
- Reducción del riesgo de incendios.

### **3.2.2 VENTAJAS SOCIOECONÓMICAS.**

- Motor económico con elevado potencial inversor.
- Mejora de la balanza comercial, al reducir las importaciones de combustibles los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>.
- Creación de empleo rural y desarrollo de know-how propio
- Reducción de gastos asociados a incendios.
- Reactivación del sector agrícola, en un contexto de reducción de subvenciones.
- Eliminación del coste de oportunidad asociado a exportación de la biomasa.



### 3.2.3 CONTRIBUCIÓN A LA ESTABILIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO.

- Reducción de la dependencia energética del exterior.
- Única fuente de EERR que contribuye a la estabilidad de red asegurando la disponibilidad de potencia en todo momento.
- Menores pérdidas en la red las centrales se conectan a redes de distribución próximas a los centros de consumo.

### 3.2.4 VENTAJAS ESPECÍFICAS DE CADA TIPO DE BIOMASA.

- Es importante desarrollar la biomasa para generación eléctrica, dado el reducido potencial de instalación de biomasa para generación térmica a corto plazo.
- El desarrollo de la biomasa para generación eléctrica requiere continuar apoyando tanto la generación con biomasa forestal / agrícola como la biomasa industrial, dado que cada una permite capturar ventajas específicas significativas.
- La ampliación de los objetivos de co-combustión no permitiría capturar la mayor parte de las ventajas asociadas al desarrollo de la biomasa.

### 3.2.5 VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DEL USO DE LA BIOMASA.

- **Tratamiento adecuado de los residuos:** La limpieza de los montes, realizada de forma racional y bajo el control de los expertos, evita posibles daños ambientales y se mejora la calidad del arbolado. Asimismo, el trabajo en I+D+i que las empresas del sector desarrollan en el campo de la silvicultura redundan en el interés general, ya que disminuye la presencia de plagas e incendios y favorece la regeneración natural.
- **Reforestación de tierras agrícolas o desforestadas** con cultivos energéticos, herbáceos o leñosos, con destino a la producción de biomasa, que aumentan la retención de agua y la disminución de la degradación y erosión del suelo.

- **Balance neutro de las emisiones de CO<sub>2</sub>**, al cerrar el ciclo del carbono que comenzaron las plantas al absorberlo durante su crecimiento. Baja presencia de compuestos de nitrógeno y casi nula de azufre.
- **Elevada fijación de CO<sub>2</sub>** gracias a una gestión forestal de ciclo corto, ya que durante las etapas de crecimiento del arbolado, la captación de CO<sub>2</sub> es mayor que en etapas maduras).

### 3.2.6 VENTAJAS SOCIOECONÓMICAS DEL USO DE LA BIOMASA: GENERACIÓN DE EMPLEO.

- **Potenciación del desarrollo industrial y el ahorro de costes** al crear una industria local de alto desarrollo tecnológico.
- **Creación de nuevos empleos directos e indirectos**, parte de él de alta cualificación y de gran aporte en el conocimiento técnico-industrial dentro de un sector incipiente y con grandes perspectivas.
- **Desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales**, sobre la base de un mercado con una demanda continua y sin fluctuaciones, que genera puestos de trabajo estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales.
- **Aparición de nuevas infraestructuras y servicios en áreas rurales**, como son las carreteras, los centros hospitalarios y educativos.
- **Aparición de una segunda fuente de ingresos en las industrias agrícolas y forestales**, a través de la venta de sus residuos para la generación de energía, equilibrando las fluctuaciones de los mercados de los productos principales de las citadas industrias.
- **Reactivación del sector agrícola ante la desaparición de ayudas europeas**. Posibilidad de los agricultores de dedicar parte de sus terrenos a prácticas distintas de las tradicionales, lo que supone un equilibrio en sus ingresos a través de un mercado más amplio para sus productos.

### **3.3 MEDIO ANTRÓPICO.**

#### **3.3.1 COMUNICACIONES.**

Las comunicaciones son la N-420 y la N-211.

#### **3.3.2 NÚCLEOS URBANOS.**

Los núcleos urbanos todavía conservan la estructura del pasado marcado por el carácter de su arquitectura tradicional, donde destaca las viviendas realizadas con piedra, barro y madera mezcladas con otras de nueva construcción.

Existen bastantes construcciones emblemáticas que no cabe nombrar.

#### **3.3.3 SOCIO-ECONOMÍA.**

El medio económico de de la zona se sustenta actualmente por explotaciones agrícolas, ganaderas, servicios e industria, junto con alguna pequeña empresa de artesanía.

### 3.4 LOS SUELOS.

El conocimiento de los suelos de un territorio, de sus propiedades, sus aptitudes y sensibilidad frente a los cambios de uso, se ha revelado como un factor clave para una correcta gestión de los recursos naturales. Son numerosos los trabajos de investigación y proyectos técnicos que requieren conocer los suelos, su distribución y sus características. Así, es fundamental disponer de información de suelos en proyectos de reforestación, de concentración parcelaria, en la transformación de secano a regadío, en la diagnosis de la fertilidad agrícola, en la restauración de los taludes de vías de comunicación, en la recuperación de espacios degradados por la actividad minera, canteras, riberas.

El suelo está compuesto por sólidos que, organizados, estructurados, dejan unos huecos o poros entre ellos. Los poros están ocupados por aire o bien se llenan de agua tras un riego o una lluvia intensa. A su vez, los sólidos están constituidos por una mezcla de materia orgánica (fundamentalmente aportada por la vegetación) y de materia mineral, que aparece como resultado de la alteración física y química que sufre la roca a lo largo de muchos años. Y es que la formación de los suelos es tan lenta que su pérdida es irreversible a escala de tiempo humana.

Dada la diversidad de ambientes en Aragón, con sus tipos de rocas, climas, relieves o comunidades vegetales, los tipos de suelos son muy diferentes. La acción de los factores de formación a través de una serie de procesos (transformaciones, translocaciones, pérdidas y adiciones) va produciendo una serie de cambios en el suelo, ya sea en el color, la estructura, la textura, la consistencia, etc. Dado que las entradas de materia y energía se producen desde la superficie, en el suelo esos cambios suponen la aparición de capas más o menos horizontales en profundidad, denominadas horizontes. Al corte vertical del terreno que permite estudiar el suelo en su conjunto, desde sus horizontes superficiales hasta el material originario, se le denomina perfil (Fig.1).



*Fig.1. Perfil.*

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

### **3.4.1 CONCEPTOS BÁSICOS.**

El suelo, la tierra, el terreno, etc. son nombres con los que describimos la delgada, delicada y extraordinaria capa que se encuentra entre las rocas y la atmósfera. Delgada porque supone unos pocos centímetros o pocos metros, muy poco en comparación con el grueso de la corteza terrestre; delicada porque un mal uso puede provocar su pérdida irreversible; y extraordinaria porque es fundamental para la vida en el planeta. Los suelos retienen nutrientes y agua, permitiendo la vida de plantas y animales.

Gracias a ello nos proporciona alimentos, biomasa y materias primas, además de servir de soporte de edificios y vías de comunicación. El suelo desempeña un papel central como hábitat y reservorio del patrimonio genético al albergar la mayor parte de la biosfera; en el suelo se encuentra el patrimonio arqueológico que sirve para la reconstrucción de la historia de la humanidad.

A su vez, el suelo es un gran almacén de carbono, que captura alrededor de un 20% del C antrópico emitido a la atmósfera anualmente. Por todo ello, el suelo influye directamente en la calidad del agua y del aire, en la diversidad biológica y en el cambio climático. En definitiva es de suma importancia para la vida del hombre (Tabla 1).

### **FUNCIONES DEL SUELO.**

Producción de biomasa.	Producción de alimentos, fibra, biodiesel, madera.
Interacción ambiental.	Almacena, filtra y transforma nutrientes, sustancias y agua. Por ejemplo, almacena carbono, el agua y nutrientes disponibles para las plantas, biodegrada o retiene contaminantes, etc.
Hábitat biológico y reserva genética.	Contiene una amplia diversidad de organismos que participan en los ciclos de nutrientes, contribuyen a la estabilidad estructural, a contrarrestar los efectos de patógenos y contaminantes químicos, etc.
Soporte físico.	Sirve de base para el desarrollo urbano y otras actividades humanas incluidas las lúdicas
Fuente de materiales y sustancias.	Contiene la arena, grava, caliche o mallacán y otros materiales usados por el hombre.
Archivo patrimonial y cultural.	Conserva los restos arqueológicos que sirven para evaluar modelos de asentamientos humanos. Engloba rasgos que evidencian cambios en el paisaje, el uso del territorio o el clima.

Tabla 1. Funciones del suelo (<http://ec.europa.eu/environment/soil>).

### **3.4.2 EL PAPEL DEL RELIEVE EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS.**

La formación del suelo se ve condicionada por la posición que ocupa en el relieve al afectar a la redistribución de masa y energía. En superficies más estables, como son las plataformas estructurales y los glacis, se prolonga la acción del resto de factores formadores y el perfil edáfico alcanza un mayor grado de organización y, por tanto de horizonación. En cambio, sobre superficies más inestables, como escarpes, fondos de valle o llanuras de inundación, el suelo es rejuvenecido continuamente (por erosión o cumulización) lo que limita la horizonación.

Según las características de la forma del relieve (inclinación, longitud, orientación de la ladera) y por la posición del suelo en la misma, los efectos pueden ser distintos. Así, la inclinación y longitud de la ladera afectan a la velocidad de escorrentía y erosión. La orientación afecta al microclima (radiación recibida, temperatura y humedad del suelo); así los suelos en umbría presentan mayor espesor y contenido en materia orgánica del horizonte superficial que los suelos en solana. La posición que ocupa el suelo en el relieve condiciona su espesor, drenaje, presencia de sales, etc.

### 3.5 MEDIO NATURAL.

El área de ensayos para el cultivo de biomasa se localiza en el valle central del Ebro, presentando un clima mediterráneo continentalizado bien definido. Se trata de la denominada 'Depresión Terciaria del Ebro', que se corresponde con el modelo clásico de relleno de cuenca, presentándose una clara clasificación granulométrica, desde los depósitos detríticos gruesos, conglomeráticos y areniscas en los bordes de cuenca, a detríticos finos que pasan gradualmente a margas, carbonatos y materiales evaporíticos, yesos y materiales salinos en el centro de la misma. Todo ello conduce a una especificidad edáfica generada por la conjunción de dichos materiales parentales y el efecto dinámico del propio río Ebro, provocando que el cultivo se sitúe sobre suelos con un marcado carácter fluvéntico y con presencia abundante de yeso y carbonato cálcico, lo cual repercute, sin duda, en la especificidad del producto obtenido.

De esta zona resulta característica climática la aridez, junto con la continentalidad y los vientos. La aridez se refleja en las medias pluviométricas, aproximadamente unos 350 mm anuales distribuidos estacionalmente con máximos equinociales y mínimos solsticiales, que unidas a las elevadas temperaturas, evidencia la existencia de un prolongado periodo de estrés hídrico (de junio a octubre).

La continentalidad da lugar a fuertes contrastes entre los calores estivales y las bajas invernales. La isoterma media anual se sitúa en los 13-15°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, se puede observar que en determinados periodos las temperaturas pueden bajar de los 5°C, registrándose los valores más extremos en diciembre y enero. Las medias máximas del verano superan los 30°C, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto, en los que se pueden registrar máximas absolutas cercanas a los 40°C.

En cuanto a los vientos cabe señalar la incidencia del cierzo sobre el área de cultivo, un fuerte viento muy frío y seco, originado en el valle del Ebro, que se forma debido a la diferencia de presión entre el mar Cantábrico y el mar Mediterráneo cuando se forma una borrasca en este último y un anticiclón en el anterior.

Resumiendo, esta zona se caracteriza por un suelo fértil con presencia abundante de yeso y carbonato cálcico y pH elevados, así como un microclima estepario, ventoso y con escasas lluvias.

Los aspectos más relevantes que explican la citada relación causal entre la zona y el producto obtenido, son por una parte, la extrema aridez climática, que provoca cierto estrés hídrico en momentos muy puntuales del ciclo del cultivo, pese a la posibilidad de riego con agua procedente del río Ebro. Por otra parte, cabe destacar la especial configuración edáfica del área delimitada. Ésta se caracteriza, como ya se ha indicado, por la confluencia de suelos desarrollados sobre materiales cuaternarios procedentes de la dinámica fluvial del Ebro, con marcado carácter fluvéntico, y por suelos con altos contenidos en yeso y



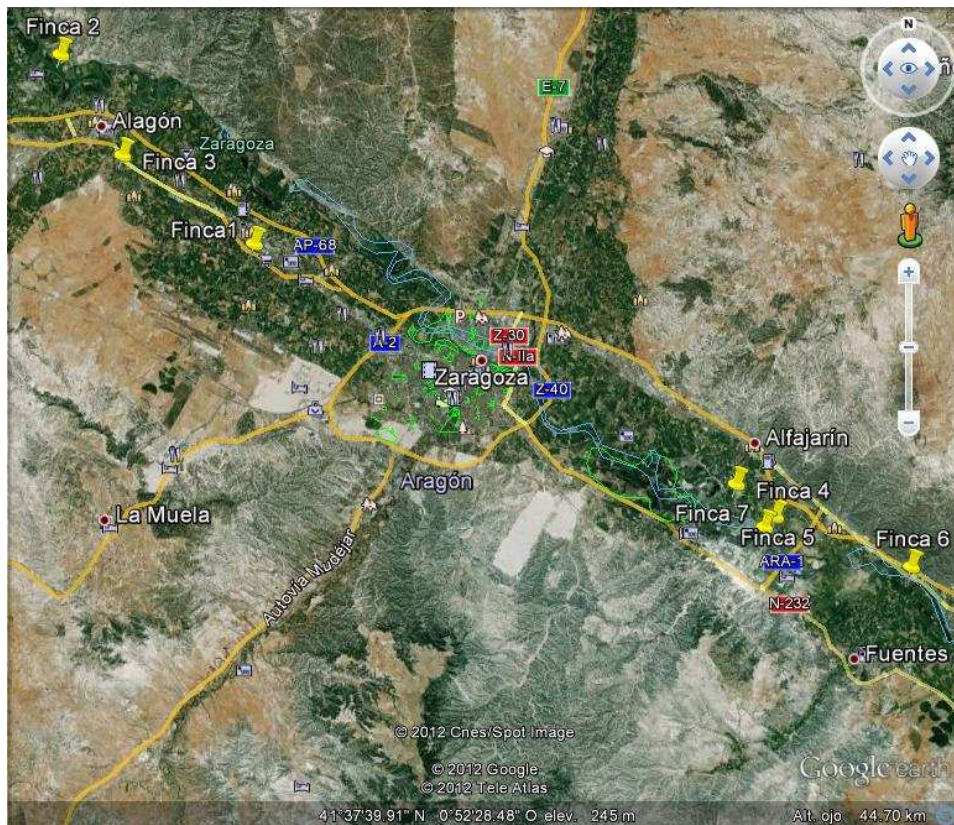
carbonato cálcico procedentes de los relieves estructurales terciarios tan característicos de la conformación geológica de la parte central de la depresión del Ebro. La mezcla y desarrollo de estos materiales a lo largo de los siglos por la propia dinámica aluvial y coluvial, han conducido a una amalgama de suelos de huerta en los que se cultiva esta planta, con texturas USDA ( United States Department of Agriculture) Francas, Franco Arenosas y Franco-Limosas, elevados contenidos en yeso y carbonato cálcico, pH de moderadamente básicos a ligeramente alcalinos (valores de 8 a 9), así como niveles bajos de materia orgánica aunque distribuidos en toda la profundidad en el suelo (Artieda, 1996). Todo ello conforma unas cualidades específicas de fertilidad, caracterizadas por la abundancia de ciertos macronutrientes y micronutrientes cuya disponibilidad para la planta queda condicionada por los elevados pH, contribuyendo todo ello a la obtención del producto final.

Debido las grandes diferencias de superficie cultivable regable en Aragón y la presencia del río, que en ocasiones inunda las zonas ensayadas, así como la importante población y la presencia de polígonos industriales capaces de absorber la energía producida por este tipo de renovables y la gran capacidad carretera, se estima que la zona elegida puede ser idónea para este tipo de industria.

Por tanto se eligen dos zonas en las inmediaciones de Zaragoza capital, siendo la primera la comprendida entre Alagón y Utebo, y una segunda entre Alfajarín y Osera de Ebro, ensayándose tres fincas en la primera zona, una en la margen izquierda, término municipal de Alagón y dos en la margen derecha situadas en los términos municipales de Pinseque y Utebo, y cuatro fincas en la segunda zona, una en la margen derecha en término municipal de El Burgo de Ebro y otras tres en la margen izquierda, en los municipios de Alfajarín, Nuez de Ebro y Osera de Ebro. En esta última zona se decide hacer más hincapié en la margen derecha por la cercana presencia de Los Monegros.

Todas las fincas analizadas están en el entorno del río y entre las más lejanas la distancia es de 55 kilómetros en línea recta, contemplando una superficie total estimada de 50.000 hectáreas, reduciéndose esta superficie a 22.000-25.000 has por la presencia de núcleos de población, polígonos, carreteras, etc.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



*Situación de las fincas analizadas.*

La especie que vamos a utilizar para este tipo de cultivo es el chopo. Se usa este tipo debido a las siguientes características:

- La Especie arbórea mas productiva para nuestro clima.
- Facilidad de propagación vegetativa.
- Rebrote vigoroso.
- Rápido crecimiento.
- Posibilidad de mejorar sus rendimientos mediante mejora genética.

Como técnica de cultivo se usa el turno bianual. Esta técnica consiste en realizar una plantación y mantenimiento durante dos años, así se completaría el primer ciclo. Tras la parada vegetativa, se cosecha mecanizadamente y se tritura según las necesidades de tamaño para el uso al que va dirigida. Vuelven a brotar y se mantienen de nuevo durante dos años. Al final de segundo ciclo productivo es el momento de máxima productividad. Este proceso de repite durante 4 o 5 ciclos.

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



*Triturado de restos de poda localidad.*



*Triturado de restos de plantaciones.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

## 4. ENSAYOS.

### 4.1 TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestras se realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Se eligen al azar distintos puntos de la finca y se excava hasta una profundidad de 30 cm. para el horizonte 1(h1).
- Se recoge entre 1-2 Kg de tierra, que en el momento de la recogida no debe estar muy húmeda.
- Después se excava de nuevo hasta los 60 cm. para el horizonte 2 (h2) o hasta que se aprecie una diferencia considerable de tipo de materiales presentes, y se procede del mismo modo que para el h1.
- La mecánica es la misma para el resto de horizontes, aunque en este caso, solamente estudiaremos el primer horizonte.
- La muestra se etiqueta de forma inequívoca con el número de la finca.
- La muestra no necesita un tratamiento especial hasta su llegada al laboratorio.

### 4.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.

- **TEXTURA.**

#### Conceptos generales.

La textura de un suelo informa sobre la proporción en la que se hallan las partículas elementales que lo constituyen. Estas partículas se encuentran reunidas formando agregados o terrones que hay que deshacer.

Las partículas elementales del suelo se clasifican con arreglo a su tamaño en: arena, limo y arcilla. Así pues esta clasificación se basa en las dimensiones de las partículas y no en su composición química. La clasificación USDA (Departamento de agricultura de USA) señala siete clases de partículas (mm):

TIPO.	Dp. Máx. (mm)	Dp. Mín.(mm)
ARENA MUY GRUESA	2.00	1.00
ARENA GRUESA	1.00	0.50
ARENA MEDIA	0.50	0.25
ARENA FINA	0.25	0.10
ARENA MUY FINA	0.10	0.05
LIMO	0.05	0.002
ARCILLA	<0.002	-

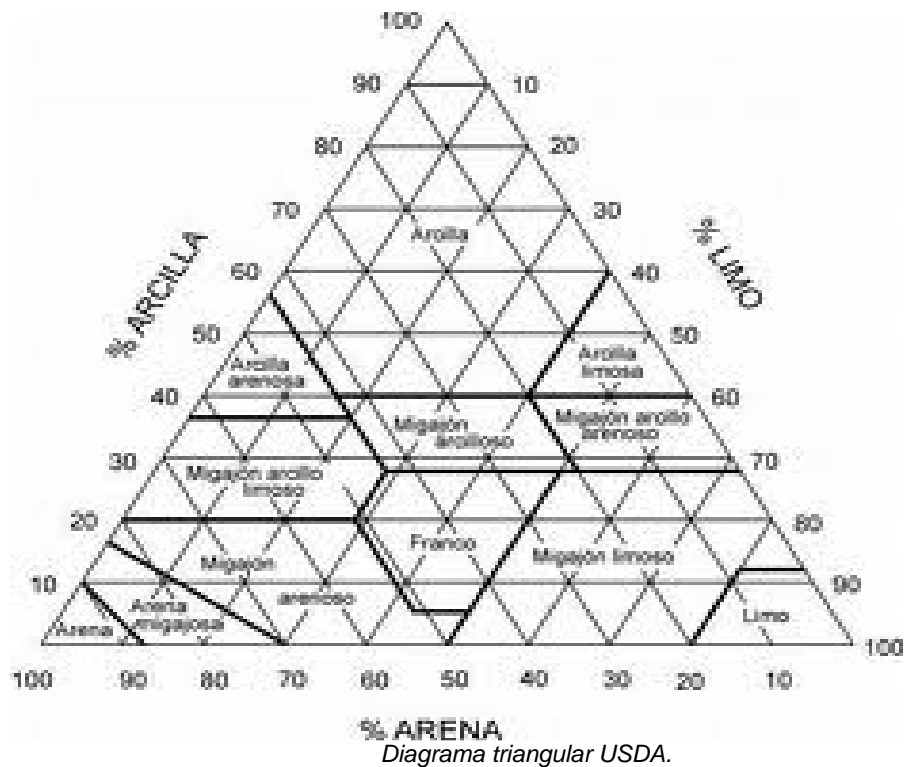
Una vez determinado el tamaño de las partículas, el índice de textura de un suelo es el tanto por ciento de arena, limo y arcilla que entra en su composición.

#### **Determinación del parámetro.**

La textura se mide mediante un método físico. Densímetro Bouyoucos.  
Muestra: 25 g Reactivo: 100 ml de Solución de Hexametáfosfato de Sodio.

La determinación consiste en mezclar, en una probeta, la muestra con la solución de hexametáfosfato sódico, enrasar a 1000 ml con agua, agitar vigorosamente e introducir el densímetro Bouyoucos. Realizar las lecturas a 40 segundos y a 120 minutos. Expresar los resultados en: % Arena, % Limo y % Arcilla.

ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.



**Interpretación de los resultados.**

CLASE DE SUELO	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Arenoso	86 – 100	0 – 15	0 – 15
Franco-arenoso	51 – 85	0 – 55	0 – 20
Franco-limoso	0 – 50	50 – 100	0 – 20
Franco	30 – 50	50	0 – 20
Franco-arcillo-limoso	0 – 30	50 – 80	20 – 30
Franco-arcillo-arenoso	50 – 80	0 – 30	20 – 30
Franco-arcilloso	20 – 50	20 – 50	20 – 30
Arcillo-limoso	0 – 20	50 – 70	30 – 50
Arcillo-arenoso	50 – 70	0 – 20	30 – 50
Arcilloso	0 – 50	0 – 50	30 – 100

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

### **Influencia del parámetro.**

La textura influye en la fertilidad del suelo en:

- Porosidad (aireación).
- Suelos arcillosos: mayor número de poros, pero más pequeños (microporos).
- Suelos arenosos: tienen menor número de poros pero más grandes (macroporos).
- Capacidad de retención de agua (almacenamiento de agua)
- Suelos arcillosos: retienen el agua con más fuerza
- Suelos arenosos: desprenden fácilmente el agua.
- Abundancia de elementos nutrientes (almacén de nutrientes)
- Suelos arcillosos: capaces de retener cationes (Ca, Mg, K, etc.), siendo por tanto suelos más ricos, pero los retiene con mucha fuerza.
- Suelos arenosos retienen pocos elementos nutrientes, siendo suelos más pobres.

Los suelos francos son suelos medios, que retienen bien el agua y los abonos, pero esta fuerza de retención no es muy elevada lo que le permite a la planta tomar nutrientes de la disolución del suelo. Son los más apropiados para la mayoría de los cultivos.



### 4.3 ANÁLISIS QUÍMICO.

Por otra parte realizamos un análisis químico de las propiedades que nos interesan para que el cultivo sea viable.

#### Análisis realizados.

PARÁMETRO	UNIDADES	PNT	V Ref Min	V Ref Max
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/5)	uS/cm a 20°C	PEC-002		400
pH (Extacto 1/2,5)		PEC-001	6,5	7,5
pH en KCl (Extacto 1/2,5)		PEC-001		
Relación C/N		PEC-041		
Carbonatos	%CaCO <sub>3</sub>	PE-327	10	30
Caliza Activa	%CaCO <sub>3</sub>	PEC-014	1	5
Materia Organica Oxidable	%	PEC-013	2	3
Capacidad IntercambioCatiónico (CI)	meq/100g	PEC-019	15	20
Nitrogeno Dumas	mg/Kg	PEC-034	1000	1500
Fósforo Asimilable	mg/Kg	PEC-009		
Calcio Disponible	meq/100g	PEC-009	8	16
Cobre	mg/Kg	PEC-009	10	20
Arena	%	PEC-018		
Arcilla	%	PEC-018		
Limo	%	PEC-018		
Granulometría		PEC-018		
Hierro	mg/Kg	PEC-009		
Magnesio Disponible	meq/100g	PEC-009	1.5	3
Manganeso	mg/Kg	PEC-009		
Potasio Disponible	meq/100g	PEC-009	0.5	0.8
Zinc	mg/kg	PEC-009		

PNT: Procedimiento normalizado de trabajo.

Para cada parámetro se facilita definición y explicación del parámetro ("conceptos"), el método de análisis que se utiliza en los laboratorios homologados para determinarlo ("determinación"), la calificación del suelo en relación a los resultados del parámetro ("clasificación") y naturalmente la repercusión que el mismo tiene en relación al suelo y / o la planta ("influencia").



## 4.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

### Conceptos generales.

El conocimiento del contenido total de sales solubles en los suelos permite establecer si existen en ellos cantidades importantes para producir interferencias con la germinación normal de las semillas, con el crecimiento de las plantas o con la toma de agua por parte de los cultivos.

### Determinación del parámetro.

#### EXTRACTO SUELO AGUA 1/5.

Medir la conductividad eléctrica mediante un conductímetro provisto de célula de conductividad apropiada.

En todas las muestras de tierras se determina la conductividad eléctrica, tomando la proporción extracto suelo agua, 1:5. 20 g en 100 ml de agua destilada, agitar 30 minutos en agitador mecánico, filtrar y medir la conductividad eléctrica.

Si la conductividad fuera  $> 0,5$  mS/cm se procedería a realizar un extracto de saturación.

#### EXTRACTO DE SATURACIÓN.

Preparar una pasta saturada del suelo por adición de agua hasta saturación. Separación del extracto.

A 100 g. de muestra se le añade agua destilada hasta saturación (no admita más agua), dejar en reposo 4 horas. Obtener la relación de saturación T/H<sub>2</sub>O (100 /H<sub>2</sub>O). Centrifugar a 3000 r.p.m. durante 15 minutos. Filtrar el líquido sobrenadante y medir conductividad por el método ya reseñado.

Si esta conductividad fuera  $> 4$  mS/cm se procede a determinar en aquel aniones y cationes. (En función de la cantidad del líquido extraído puede ser necesario duplicar la operación para disponer de solución suficiente para completar los análisis).

### Interpretación de los resultados.

CE 1:5 mS/cm	CLASIFICACIÓN
$<0,4$	No salino
$0,4 - 1,15$	Ligeramente salino
$> 1,15$	Salino

### **Influencia del parámetro.**

El problema de la salinidad es función de la tolerancia del cultivo a las sales.

## **4.5 PH.**

### **Conceptos generales.**

El pH del suelo nos expresa la acidez o alcalinidad del mismo, es decir, la concentración de iones  $H^+$  disociados en la 'solución suelo'. Se dice que un suelo es neutro cuando el pH tiene un valor de 7. Por debajo de este valor el suelo es ácido, y por encima es básico o alcalino. En un suelo ácido existe mayor cantidad de iones  $H^+$  que de  $OH^-$ , mientras que en uno básico es al contrario. En un suelo de pH neutro la cantidad de iones  $H^+$  y  $OH^-$  es igual. La neutralidad es la condición óptima para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes por parte de éstos.

### **Determinación del parámetro.**

Extracto 1:2,5.

Muestra: 20 g.

Reactivo: 50 ml de agua.

Mantener en agitación durante 30 minutos, medir pH en pHmetro.

### **Interpretación de los resultados.**

PH	CLASIFICACIÓN
0.01 – 5.59	Muy ácido
5.6 – 6.59	Ácido
6.6 – 7.59	Neutro
7.6 – 8.59	Alcalino
8.6 – 9.99	Muy alcalino

### **Influencia del parámetro.**

#### pH bajo (ácido):

Es desfavorable para el desarrollo radicular.  
Un medio ácido suele ser pobre en bases de cambio y en oligoelementos.  
La actividad microbiana se reduce y por consiguiente la nitrificación.  
La asimilación del fósforo disminuye por formarse combinaciones insolubles de este elemento con el hierro y con el aluminio.  
Por contra los microelementos, a excepción del molibdeno, son más asimilables en medio ácido.

#### pH alto (básico):

Existen problemas de asimilación debido fundamentalmente a la presencia de carbonato de cal que bloquea la absorción del fósforo.  
Si la alcalinidad es debida al sodio, entonces aparecen problemas de tipo físico (impermeabilidad, compactación, etc.) lo que resulta desfavorable para la asimilación de los nutrientes.

## **4.6 RELACIÓN C/N.**

### **Conceptos generales.**

Indica el ritmo de mineralización de la materia orgánica, es decir, la capacidad de producir nitratos, por lo que podríamos decir que es un índice de la salud del suelo.

El carbono es el principal componente de la materia orgánica (58%) y también el N (5%), de manera que cuando existe una relación C/N alta la materia orgánica está sin descomponer y si baja es que el ritmo de mineralización es muy alto.

### **Determinación del parámetro.**

Una vez determinada la materia orgánica se calcula el carbono orgánico dividiendo ésta por 1,72. A continuación se divide el carbono orgánico por el nitrógeno total.

### Interpretación de los resultados.

RELACIÓN C/N	INTERPRETACIÓN	LIBERACIÓN DE N
0.01 – 6	Muy bajo	Muy alta
6.01 – 9	Bajo	Alta
9.01 -11	Normal	Normal
11.01 – 15	Alto	Escasa
15.01 – 19.9	Muy alto	Muy escasa

### Influencia del parámetro.

- Alta relación C/N.

Una alta relación C/N, unida a otra serie de factores (pH bajo, fosfatos insuficientes o conductividad eléctrica baja) indica poca habilidad para producir nitratos. Esta relación puede disminuirse con adición de N y de esta manera se reduce el tiempo preciso para la mineralización.

- Baja relación C/N

La baja relación C/N indica el agotamiento del suelo, lo que ocurre cuando se le explota intensamente o cuando se erosiona. También puede producirse como consecuencia de un excesivo calentamiento del terreno, lo que hace que la materia orgánica se descomponga a gran velocidad. Ésto puede bajar la capacidad de cambio del suelo o provocar la formación de cantidades excesivas de nitratos e incluso de amoníaco, pero el efecto más frecuente y peligroso es que hace perder al suelo su estabilidad estructural, con lo cual se reduce la permeabilidad y se favorece la erosión.

## 4.7 CARBONATO TOTAL.

### Conceptos generales.

El carbonato cálcico es la principal fuente de calcio de los suelos, encontrándose en el suelo en estado de fragmentos de dimensiones variables.

Se descompone fácilmente bajo la acción de los ácidos y del CO<sub>2</sub> del suelo. La actividad de la caliza depende de su poder de descomposición, que está

condicionado por la acidez del suelo, su porosidad y el grado de finura de las partículas.

Lo más usual en los suelos españoles es que el contenido de carbonatos sea alto.

#### **Determinación del parámetro.**

Se aplica el método denominado 'calcímetro de Bernard' cuyo fundamento se basa en tratar los carbonatos con ácido, en un dispositivo cerrado a presión y temperatura constante.

Desprendimiento de CO<sub>2</sub> en medio ácido. Muestra: 0,5 g. Reactivo: 10 ml de HCl 1:1

Agitar en calcímetro Bernard y expresar el volumen desprendido de CO<sub>2</sub> en forma de % CaCO<sub>3</sub>.

#### **Interpretación de los resultados.**

CONTENIDO DE CaCO <sub>3</sub> (%)	INTERPRETACIÓN
0.01 – 5.09	Muy bajo
5.1 – 10.09	Bajo
10.1 – 20.09	Normal
20.1 – 40	Alto
40.01 – 99.99	Muy alto

#### **Influencia del parámetro.**

Favorece la rápida destrucción de la materia orgánica en el suelo, contribuyendo a su empobrecimiento en humus.

Bloquea ciertos nutrientes indispensables para la planta, como hierro, dando lugar a la llamada 'clorosis férrica'.

Otros micronutrientes afectados de la misma forma son el manganeso, el zinc y el cobre produciendo lo que se denominan enfermedades 'carenciales' que repercuten extraordinariamente en la producción.

La caliza retrograda el fósforo a formas insolubles. De manera parecida, aunque con menor intensidad, se ven afectados el potasio y el magnesio.

## 4.8 CALIZA ACTIVA.

### Conceptos generales.

Cuando se determina la caliza activa se trata de conocer la cantidad de calcio más fácilmente reactivo en un suelo; se determina cuando la cantidad de carbonatos totales es superior al 10%, ya que en esta proporción el nivel de carbonatos podría ocasionar problemas a los cultivos, especialmente a los leñosos.

Se determina el calcio que al estar más finamente dividido tiene más posibilidades de reaccionar con otros elementos y ocasionar problemas nutricionales, ya que impide que la planta absorba algunos elementos (se produce un bloqueo o precipitado).

### Determinación del parámetro.

El método utilizado es el de Droinean, cuyo fundamento es solubilizar el calcio activo del carbonato cálcico con oxalato amónico y la posterior precipitación del mismo como oxalato cálcico. A continuación se hace una valoración del oxalato que queda en exceso con permanganato potásico. Por diferencia entre el exceso de oxalato y el añadido originalmente en forma amónica, obtenemos el oxalato que reacciona con el calcio, lo que nos proporcionará el calcio presente en la muestra de suelo que pueden reaccionar con más facilidad con otros iones de la disolución del suelo en su estado natural, esto es lo que también se llama la caliza activa del suelo.

### Clasificación e Interpretación.

CONTENIDO DE Caliza Activa (%)	INTERPRETACIÓN
0 – 6	Medio. No suelen aparecer necrosis
6 – 9	Alto. Se ven afectadas las plantas sensibles
9 – 10	Muy alto. Problemas de clorosis graves, en particular en cultivos arbóreos

## 4.9 MATERIA ORGÁNICA.

### Conceptos generales.

Es un componente básico del suelo del que sólo vamos a considerar ciertos factores fundamentales.

La materia orgánica es el conjunto de residuos vegetales y animales, más o menos descompuestos por la acción de los microorganismos del suelo, que se encuentra en estado de evolución en el suelo.

La materia orgánica procede de:

- Los residuos vegetales (tallos, ramas, raíces, etc.).
- Las aportaciones de estiércol u otros abonos orgánicos y de los abonados en verde.
- Las bacterias, hongos, algas, etc.
- La evolución de la M.O. en el suelo depende del clima, del tipo de suelo, del pH, de la clase de residuos y de la actividad de los microorganismos.

Se distinguen dos fases en la evolución de la materia orgánica:

- Humificación. Los residuos orgánicos son transformados en nuevos complejos orgánicos más o menos descompuestos. Primeramente pasa a humus 'joven', que después pasa a humus 'estable'.
- Mineralización. Los residuos orgánicos se descomponen rápidamente y se convierten en compuestos minerales. En la mineralización existen dos etapas: la amonización y la nitrificación.

Las tierras arenosas suelen ser pobres en materia orgánica, ya que en ellas su evolución suele ser rápida, mientras que las arcillosas tienen un contenido más elevado.

### Determinación del parámetro.

La determinación de la M.O. de los suelos puede referirse al total o bien solamente al 'humus estable', siendo este último el más significativo. Su fundamento se basa en determinar el carbono orgánico del suelo que se oxida con dicromato potásico en presencia de ácido sulfúrico. El exceso de oxidante

se valora con sulfato ferroso amónico, y la cantidad de carbonato orgánico oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido.  
Carbono orgánico oxidable con dicromato en presencia de a. sulfúrico.

Muestra: 1 g.

Reactivos: 10 ml de solución dicromato potásico, 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Adicionar a la muestra los reactivos y dejar reposar durante 30 minutos.

Añadir 100 ml de agua y valorar con solución de sulfato ferroso amónico.

#### **Interpretación de los resultados.**

Contenido de M.O.	SUELO ARENOSO	SUELO FRANCO	SUELO ARCILLOSO
Muy bajo.	0.01 – 1.25	0.01 – 1	0.01 – 1.5
Bajo	1.26 – 2	1.01 – 1.75	1.51 – 2.5
Normal	2.01 – 3	1.76 – 2.5	2.51 – 3.5
Alto	3.01 – 4	2.51 – 3.5	3.51 – 4.5
Muy alto	4.01 – 9.99	3.51 – 9.99	4.51 – 9.99

#### **Influencia del parámetro.**

De forma esquemática se pueden enumerar las siguientes ventajas:

- Mejora la textura de los suelos.
- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Es fuente de nutrientes.
- Facilita la asimilación del fósforo.
- Atenúa la retrogradación del potasio.
- Es fuente de gas carbónico.
- Aumenta la actividad biológica del suelo.



## 4.10 CATIONES DE CAMBIO.

### Conceptos generales.

La arcilla y el humus tienen carácter coloidal, es decir, están cargadas negativamente y tienen la propiedad de atraer y retener a los iones con carga positiva (cationes).

Estos cationes, que se hallan en continuo movimiento alrededor de las partículas coloidales, no son retenidos constantemente sino que pueden cambiarse o sustituirse unos por otros más o menos fácilmente. Por esta razón, a estos cationes se les llama cambiables.

### Determinación del parámetro.

Normalmente los cationes de cambio se determinan en el extracto obtenido empleando Acetato Amónico 1 N a pH=7, siempre y cuando no sean suelos calizos. En muestras con contenido en  $\text{CaCO}_3 < 10 \%$  la extracción hay que hacerla con Acetato Sódico, ya que el Acetato Amónico solubiliza un porcentaje indeterminado, pero muy elevado, de iones  $\text{Ca}^{++}$ , y  $\text{Mg}^{++}$ , que pasan al extracto dando lugar a resultados dispares, altos y desde luego no verdaderos.

Extracción con  $\text{ACNH}_4$  1 N.

Muestra. 5 g.

Reactivos: 50 ml de Solución de Acetato Amónico 1N.

Agitar durante 30 minutos, filtrar y medir por el autoanalizador Skalar. Na y K se miden por fotometría de llama.- El Ca desarrolla un complejo con la cresolphthaleína y se mide a 580 nm y el Mg desarrolla un color con la Xilidina y se mide a 505nm. ( Ca y Mg se pueden medir alternativamente por E.A.A.)  
Ca y Mg en suelos calizos: Contenido en  $\text{CaCO}_3 < 10 \%$ .

Extracción con Acetato sódico.

Muestra: 5 g

Reactivos: 50 ml de Solución de Acetato Sódico 1 N.

Preparar el extracto de suelo agitando 30 minutos con Acetato Sódico 1 N. Filtrar y medir en el autoanalizador Skalar tal como se ha descrito en los cationes de cambio.

## Interpretación de los resultados.

Potasio.

El contenido en potasio de un suelo hay que contemplarlo, al igual que el fósforo en función de la textura y del aprovechamiento del suelo (secano, regadío, regadío intensivo).

En base a ellos los valores pueden oscilar:

<b>Muy bajo</b>	0 – 0,35 meq /100gr
<b>Bajo</b>	0,16 – 0,70 meq / 100gr
<b>Normal</b>	0,31 – 1,05 meq / 100gr
<b>Alto</b>	0,45 – 1,75 meq / 100g
<b>Muy alto</b>	0,76 – 2,80 meq / 100gr

## 4.11 NITRÓGENO TOTAL.

### Conceptos generales.

Desde un punto de vista agronómico la determinación del nitrógeno, dada su dinámica dentro del suelo, sólo informa de la cantidad disponible en el momento de realizar el análisis.

Este principio hay que tenerlo muy presente, ya que puede variar el contenido de nitrógeno a lo largo del ciclo de cultivo.

El contenido total de nitrógeno en un suelo podemos dividirlo en tres formas fundamentales:

- N en forma elemental:  $N_2$  en el aire del suelo y en pequeñas cantidades, disuelto en la solución del suelo.
- N en formas inorgánicas: como NO (óxido nítrico),  $NO_2$  (nitrito),  $N_2O$  (óxido nitroso),  $NH_3$  (amoníaco),  $NO_3^-$  (nitrato), etc.
- N en forma orgánica: supone más de un 90 % y es transformado lentamente, por la acción de los microorganismos que descomponen la M.O., en nitrógeno mineral, en las formas amoniacal y nítrica, que es la asimilable por las plantas.

Es conveniente hacer siempre un balance del nitrógeno que hay en el suelo al la hora de realizar el abonado nitrogenado.

En este balance hay que considerar las entradas: mineralización de la materia orgánica del suelo, aportación de los abonos orgánicos, residuos de cosechas, arrastre por la lluvia, fijación microbiana y aportación de fertilizantes químicos.

También hay que considerar las salidas: desnitrificación, volatilización, extracción por cosechas y lixiviación de los nitratos.

### Determinación del parámetro.

Destilación Kjeldalh.

Muestra: 2,5 g.

Reactivo: 10 ml de ácido sulfúrico y una pastilla de reactivo Kjeldalh ( $K_2SO_4 + Se$ ).

Realizar una digestión Kjeldalh y valorar.

### Interpretación de los resultados.

% N	INTERPRETACIÓN
0.01 – 0.05	Muy bajo
0.06 – 0.1	Bajo
0.11 – 0.2	Normal
0.21 – 0.31	Alto
0.32 – 9.99	Muy alto

### Influencia del parámetro.

El nitrógeno favorece el desarrollo del cultivo y estimula su crecimiento. Es fundamental para la formación de la clorofila y como componente de las proteínas.

Las manifestaciones más características de la deficiencia de nitrógeno son:

- Reducción general del crecimiento.
- Debilitamiento general del color verde.

- Amarilleamiento, que comienza en las hojas inferiores más viejas de la planta y, generalmente, avanza desde el ápice a la base.

La utilización de nitrógeno por el cultivo va en función de una serie de factores:

- Humedad del suelo: Un exceso de agua o una escasez de la misma disminuye la eficacia del nitrógeno disponible.
- Estructura: La absorción disminuye si la estructura es compacta, por una limitación del enraizamiento, menos movilidad de los iones nitrato y por una menor mineralización.
- Fechas en los aportes: Si no coinciden las fechas de aporte con las fechas de absorción, la eficiencia disminuye.

## **4.12 FÓSFORO ASIMILABLE.**

### **Conceptos generales.**

El fósforo en el suelo está en estado sólido formando parte de las partículas de suelo o de la materia orgánica y disuelta en el agua que rodea dichas partículas.

Desde un punto de vista agronómico el fósforo puede estar en el suelo en cuatro situaciones:

- Directamente asimilable
- Intercambiable
- Lentamente asimilable
- Inasimilable

El fósforo asimilable se encuentra en forma soluble y es de utilización inmediata para las plantas. Está íntimamente ligado a otros factores del suelo como son el pH, la cal activa y la materia orgánica.

### Determinación del parámetro.

La determinación del fósforo asimilable es extremadamente dificultosa y en particular en tierras calizas, debido a su retrogradación. Los laboratorios consideran fósforo asimilable aquel que se extrae con ayuda de extractantes neutros o ligeramente básicos. (El método Olsen emplea como extractante el Bicarbonato Sódico).

Fósforo soluble en bicarbonato sódico.

Muestra: 2,5 g.

Reactivos: 50 ml de solución de bicarbonato sódico 0,5 M

Molibdato Amónico

Ácido ascórbico

Agitar durante 30 minutos, filtrar, medir en el autoanalizador escalar. Dejar desarrollar el color y medir a 880 nm de longitud de onda.

El contenido en fósforo de un suelo hay que contemplarlo en función de su textura y de su aprovechamiento (secano, regadío, o regadío intensivo). Los valores pueden oscilar entre los siguientes límites:

### Interpretación de los resultados.

Muy Bajo	0-12 ppm
Bajo	5-24 ppm
Normal	9-36 ppm
Alto	13-60 ppm
Muy Alto	21-96 pm

### Influencia del parámetro.

El fósforo estimula el desarrollo del sistema radicular y es esencial para conseguir una abundante floración y un buen cuajado.- Al contrario del nitrógeno adelanta el ciclo del cultivo.

En función del nivel de fósforo asimilable del suelo en el abonado pueden darse varias situaciones:

- Si el nivel es normal o ligeramente alto, el abonado a realizar debe ser solo de mantenimiento y coincidirá con el que la experiencia de cada zona haya determinado en función de los múltiples factores que intervienen.
- Si el contenido de fósforo es bajo el abonado deberá atender las necesidades de mantenimiento y de enriquecimiento del perfil del suelo, que deberán tener presente la textura y el contenido en carbonatos.
- Cuando la cantidad de fósforo del suelo sea muy elevada se reducirán las dosis de abonado sobre las consideradas de mantenimiento, teniendo también presente la textura y el contenido de carbonatos.

## 4.13 ANÁLISIS DE AGUA.

### Parámetros que se determinan en el agua de riego.

En el laboratorio se determinarán una serie de parámetros que nos ayudarán a conocer la calidad del agua de riego:

- pH: Es la medida específica de la acidez (1-7) y de la alcalinidad (7-14). Medida directa.
- Conductividad eléctrica (mS/cm): Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en las aguas de riego. Medir la conductividad eléctrica mediante un conductímetro provisto de célula de conductividad apropiada.  
La Conductividad eléctrica se puede expresar en diferentes unidades y sus equivalencias son las siguientes:

$$\begin{aligned}\mu\Omega/\text{cm} &= \mu\text{S}/\text{cm} = \mu\text{mhos}/\text{cm} \\ \text{m}\Omega/\text{cm} &= \text{mS}/\text{cm} = \text{mmhos}/\text{cm} \\ 1 \text{ mmhos}/\text{cm} &= 1 \text{ mS}/\text{cm} = 1000 \mu\text{mhos}/\text{cm} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}\end{aligned}$$

- Aniones:
  - **Carbonatos y bicarbonatos**: Determinación de la alcalinidad del agua de riego con solución de ácido clorhídrico a los puntos sucesivos de equivalencia del anión carbonato (pH 8,3) y del anión bicarbonato (pH 4,0).
  - **Carbonato (meq/l)**: Valoración con HCl 0,01 N hasta viraje de la fenolftaleína.

- **Bicarbonato (meq/l):** En la misma solución del carbonato, continuar la valoración con ácido HCl 0,01 hasta viraje del naranja de metilo.
- **Sulfatos:** Reducción de Nitratos a Nitritos con solución de sulfato de hidracina. Medición colorimétrica a 540 nm en presencia de sulfanilamida y naftil-etilendiamida. Medir la turbidez originada por BaSO<sub>4</sub> mediante Turbidimetría.
- **Nitratos:** Reducción de Nitratos a Nitritos con solución de sulfato de hidracina. Medición colorimétrica a 540 nm en presencia de sulfanilamida y naftil-etilendiamida.
- **Cloruros:** Determinación potenciométrica de los cloruros con electrodos de plata.

#### 4.14 DETERMINACIÓN DE LOS CLORUROS.

##### Cationes.

- Na, K, Ca y Mg (meq/l): Medida directa por Espectroscopía de Absorción Atómica.
- Boro: Es un elemento que de forma rutinaria no se determina, pero para ciertos cultivos puede ser tóxico en concentraciones muy pequeñas. Se puede determinar con el Autoanalizador Colorimétrico por UV-Visible.

Tipo de agua según el Boro	Cultivos sensibles p.p.m.	Cultivos semitolerantes p.p.m.	Cultivos tolerantes p.p.m.
1	<0,33	<0,67	<1,00
2	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5	>1,25	>2,50	>3,75

- Sales totales disueltas (mg/l): peso de las sales disueltas del agua de riego obtenidas por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Se puede determinar mediante la siguiente fórmula, que nos da un valor aproximado:

$$\text{Sales} = \text{CE (micromhos/cm)} \text{ a } 25\text{ }^{\circ}\text{C} * 0,64$$

- Dureza total: suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresada como mg/l ó ppm de carbonato de calcio.

#### 4.15 CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN LAS PPM DE $\text{CaCO}_3$ .

Tipo de agua	p.p.m. de $\text{CaCO}_3$
Muy blanda	<70
Blanda	70-140
Semiblanda	140-220
Semidura	220-320
Dura	320-540
Muy Dura	>540

**Índice de Scott:** Relaciona la concentración de sodio con respecto a la de cloruros y sulfatos. En base a estos elementos se establece la calidad del agua.

meq/l	mg/l
Caso 1º : $\text{Cl}^- \geq \text{Na}^+$	$R1 = 2.040 / \text{Cl}^-$
Caso 2º : $\text{Cl}^- < \text{Na}^+ \leq (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$R2 = 6.620 / 2,6 \text{Cl}^- + \text{Na}^+$
Caso 3º : $\text{Na}^+ > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$R3 = 662 / \text{Na}^+ - 0,2 \text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$

Calidad del agua de Riego	Valores del Índice de Scott
Buena	Mayor de 18
Tolerante	18 – 6
Mediocre	6 – 1,2
Mala	Menor de 1,2

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.



### Cationes.

Na, K, Ca y Mg (meq/l): Medida directa por Espectroscopía de Absorción Atómica.

Boro: Es un elemento que de forma rutinaria no se determina, pero para ciertos cultivos puede ser tóxico en concentraciones muy pequeñas. Se puede determinar con el Autoanalizador Colorimétrico por UV-Visible.

Tipo de agua según el Boro	Cultivos sensibles p.p.m.	Cultivos semitolerantes p.p.m.	Cultivos tolerantes p.p.m.
1	<0,33	<0,67	<1,00
2	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5	>1,25	>2,50	>3,75

Sales totales disueltas (mg/l): Peso de las sales disueltas del agua de riego obtenidas por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Se puede determinar mediante la siguiente fórmula, que nos da un valor aproximado:

$$\text{Sales} = \text{CE (micromhos/cm)} \text{ a } 25\text{ }^{\circ}\text{C} * 0,64$$

Dureza total: suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresada como mg/l ó ppm de carbonato de calcio.

#### 4.16 CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN LAS PPM DE $\text{CaCO}_3$ .

Tipo de agua	p.p.m. de $\text{CaCO}_3$
Muy blanda	<70
Blanda	70-140
Semiblanda	140-220
Semidura	220-320
Dura	320-540
Muy Dura	>540

Índice de Scott: Relaciona la concentración de sodio con respecto a la de cloruros y sulfatos. En base a estos elementos se establece la calidad del agua.

meq/l	mg/l
Caso 1º : $\text{Cl}^- \geq \text{Na}^+$	$R1 = 2.040/\text{Cl}^-$
Caso 2º : $\text{Cl}^- < \text{Na}^+ \leq (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$R2 = 6.620/2,6 \text{Cl}^- + \text{Na}^+$
Caso 3º : $\text{Na}^+ > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$R3 = 662/\text{Na}^+ - 0,2 \text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$

Calidad del agua de Riego	Valores del Índice de Scott
Buena	Mayor de 18
Tolerante	18 – 6
Mediocre	6 – 1,2
Mala	Menor de 1,2

RAS (Relación de Adsorción de Sodio) la relación de adsorción de sodio puede usarse como “índice de sodio” o “peligro” de sodificación” que presenta dicha agua. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{RAS} = \text{Na}/((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)^{1/2}$$

RAS aj (Relación de Adsorción de Sodio ajustado): A partir del RAS obtenido de la expresión anterior y teniendo en cuenta la posible existencia de carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego, se obtiene la siguiente expresión para determinar el RAS aj:

$$\text{RAS aj} = \text{RAS} (1 + 8,4 \text{ pHc}).$$

Donde el pHc es el pH teórico del agua de riego en contacto con la calcita y en equilibrio con el CO<sub>2</sub>. El 8,4 es el pH del agua destilada en equilibrio con el CaCO<sub>3</sub>.

PSI (Porcentaje de sodio intercambiable) en equilibrio con el agua:

$$\text{PSI} = \text{Sodio}(\text{meq/l})100 / \text{Suma de cationes} (\text{meq/l}).$$

### Clasificación.

Las aguas de riego se pueden clasificar en función de su conductividad eléctrica (µS /cm a 25 °C) y el RAS, según la norma americana de Riverside:

Tipo	Calidad y norma de uso del agua
C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad.
C2	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
C4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S2	Agua con contenido medio de sodio, y por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
S3	Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y el empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Esta clasificación establece los siguientes supuestos:

- Que las precipitaciones no eliminan sales.
- Que las sales extraídas por las plantas son unas cantidades insignificantes.
- Que no se producen precipitados de sales cálcicas ni magnésicas.
- Que a medida que se concentra el agua de riego en el suelo, su composición relativa permanece constante, al igual que la proporción de  $\text{Na}^+$  respecto al  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Sin embargo, sí tiene en cuenta que al aumentar la concentración del agua de riego aumenta el riesgo de alcalinización.
- No consideran el efecto floculante de los demás iones presentes en el agua de riego.

#### **Cationes.**

#### **K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Na.**

Mineralización ácida y medida por E.A.A.

Muestra: 1 g

Reactivo: 20 ml de Mezcla ternaria (Nítrico-Sulfúrico-Perclórico)

Realizar una mineralización húmeda de la muestra con 20 ml de la mezcla ternaria en caliente (nítrico-Sulfúrico-Perclórico) en la proporción 2:1:1. Diluirla a 250 ml y medir en espectrofotómetro de absorción atómica. El potasio, calcio y magnesio requieren una dilución: 1:10 para entrar en el rango de lectura (Varían 40).

#### **4.17 AZUFRE.**

Oxidación a  $\text{SO}_4$  – Nefelometría.

Muestra: 1 g

Reactivo: 10 ml de ácido Clorhídrico.

Acenización de la muestra, durante dos horas, en horno mufla a  $450^\circ\text{C}$ .

Extracción con a. clorhídrico conc., se añade agua y solución de  $\text{BaCl}_2$ .

Medir la turbidez del  $\text{BaSO}_4$  por Nefelometría.

#### **Interpretación de análisis de fincas.**

A continuación pasamos a exponer los resultados de los análisis realizados en las distintas fincas que hemos elegido para su estudio, después realizaremos una comparativa de los datos para establecer cuál de ellas tiene las mejores condiciones para el cultivo que se quiere implantar.

## ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.

### FINCA 1.

<b>pH H<sub>2</sub>O</b> Extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O	<b>Nivel analítico</b>	<b>8,33</b>	<b>Observaciones</b> ph fuertemente básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
<b>pH CIK</b> Extracto CIK 1 M	<b>pH H<sub>2</sub>O-pH CIK</b>	<b>0,58</b>	Suelo muy saturado de bases, baja capacidad de aciificación.
<b>Carbonatos Totales</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>7,43</b>	Suelo poco calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>1,74</b>	No deben esperarse problemas, la caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	<b>Nivel analítico %</b>	<b>1,47</b>	Nivel adecuado de materia orgánica, lo que tiene un efecto beneficioso en el complejo de cambio y en la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>16,58</b>	Capacidad de intercambio catiónico media, suelo con una adecuada fertilidad natural.
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>904,2</b>	Suelo pobre en nitrógeno, Abonado de fondo escaso o ritmo de mineralización de la materia orgánica bajo.
<b>Calcio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>11,5</b>	0
<b>Magnesio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>1,12</b>	Baja disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>0,4</b>	Escasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
<b>Hierro</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>34,7</b>	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>81</b>	Contenido en manganeso normal aunque seán necesarios pHs ácidos para que adopte formas disponibles.
<b>Cobre</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>2,55</b>	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>3</b>	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	<b>Nivel analítico</b>	<b>9,46</b>	Materia orgánica correctamente descompuesta.

### Observaciones generales, finca 1:

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH tan alcalino del suelo podría perjudicar el normal desarrollo del cultivo, y reducir la disponibilidad de la mayor parte d los elementos minerales, especialmente fosforo y microelementos.

Contenido en caliza bajo, no deben esperarse problemas.

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

FINCA 2.			Observaciones.
<b>pH H2O</b> Extracto 1/2,5 H2O	Nivel analítico	8,51	ph fuertemente básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
<b>pH CIK</b> Extracto CIK 1 M	pH H2O-pH CIK	0,95	Suelo poco saturado de bases.
<b>Carbonatos Totales</b>	Nivel analítico %	14,02	Suelo algo calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	Nivel analítico %	5,47	Pueden surgir problemas, la caliza activa afecta en estos niveles a la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	Nivel analítico %	2,01	Suelo rico en materia orgánica, lo que favorece el complejo de cambio y la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	Nivel analítico meq/100g	19,81	Capacidad de intercambio catiónico media, suelo con adecuada fertilidad natural.
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	Nivel analítico mg/Kg	783,4	Suelo pobre en nitrógeno, Abonado de fondo escaso o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo.
<b>Calcio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	15,74	Adecuada disponibilidad de calcio, lo que además puede tener un efecto favorable sobre la estructura del suelo.
<b>Magnesio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	1,63	Adecuada disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	0,48	Excasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
<b>Hierro</b>	Nivel analítico mg/Kg	3,2	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	Nivel analítico mg/Kg	96,4	Contenido en manganeso normal aunque seán necesarios pHs ácidos para que adopte formas disponibles.
<b>Cobre</b>	Nivel analítico mg/Kg	0,1	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	Nivel analítico mg/Kg	1,19	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	Nivel analítico	14,9	Materia orgánica poco dscompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de MO.

#### Observaciones generales, finca 2:

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH tan alcalino del suelo podría perjudicar el normal desarrollo del cultivo, y reducir la disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fosforo y microelementos.

Contenido en caliza moderado, no afecta apenas a este cultivo nutricionalmente

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

**FINCA 3.****Observaciones.**

<b>pH H2O</b>	<b>Nivel analítico</b>	<b>8,27</b>	pH fuertemente básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
Extracto 1/2,5 H2O			
<b>pH CIK</b>	<b>pH H2O-pH CIK</b>	<b>0,98</b>	Suelo poco saturado de bases.
Extracto CIK 1 M			
<b>Carbonatos Totales</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>28,4</b>	Suelo calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>6,53</b>	Pueden surgir problemas, la caliza activa afecta en estos niveles a la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	<b>Nivel analítico %</b>	<b>&lt;0,17</b>	Suelo pobre en MO lo que no favorece el complejo de cambio ni la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>16,1</b>	Capacidad de intercambio catiónico media, suelo con adecuada fertilidad natural.
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>2243</b>	Suelo rico en nitrógeno, Abonado de fondo alto o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy elevada.
<b>Calcio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>15,5</b>	Adecuada disponibilidad de calcio, lo que además puede tener un efecto favorable sobre la estructura del suelo.
<b>Magnesio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>2,24</b>	Adecuada disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>0,64</b>	Adecuada disponibilidad de potasio para la planta.
<b>Hierro</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>-1,6</b>	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>25,2</b>	Contenido en manganeso bajo.
<b>Cobre</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>0,04</b>	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>0,3</b>	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	<b>Nivel analítico</b>	<b>&lt;0,01</b>	Materia orgánica descompuesta.

**Observaciones generales, finca 3:**

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH tan alcalino del suelo podría perjudicar el normal desarrollo del cultivo, y reducir la disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos.

Contenido en caliza moderado, no afecta apenas a este cultivo nutricionalmente.

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.



FINCA 4.			Observaciones
<b>pH H<sub>2</sub>O</b> Extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O	Nivel analítico	8,54	ph fuertemente básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
<b>pH CIK</b> Extracto CIK 1 M	pH H <sub>2</sub> O-pH CIK	0,18	Suelo muy saturado de bases, baja capacidad de aciificación.
<b>Carbonatos Totales</b>	Nivel analítico %	35	Suelo calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	Nivel analítico %	1,25	No deben esperarse problemas, la caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	Nivel analítico %	0,49	Suelo pobre en materia orgánica, lo que no favorece el complejo de cambio ni la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	Nivel analítico meq/100g	4,13	Capacidad de intercambio catiónico muy débil, suelo con baja fertilidad natural.
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	Nivel analítico mg/Kg	203,9	Suelo muy pobre en nitrógeno, Abonado de fondo escaso o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo.
<b>Calcio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	7,02	Muy buena disponibilidad de calcio, aunque esto podría perjudicar la asimilación de potasio
<b>Magnesio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	0,56	Baja disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio disponible</b>	Nivel analítico meq/100g	0,08	Escasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
<b>Hierro</b>	Nivel analítico mg/Kg	30,1	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	Nivel analítico mg/Kg	24,9	Contenido en manganeso bajo.
<b>Cobre</b>	Nivel analítico mg/Kg	-0,53	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	Nivel analítico mg/Kg	1,72	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	Nivel analítico	13,81	Materia orgánica poco descompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de MO.

#### Observaciones generales, finca 4:

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH tan alcalino del suelo podría perjudicar el normal desarrollo del cultivo, y reducir la disponibilidad de la mayor parte d los elementos minerales, especialmente fosforo y microelementos.

Contenido en caliza moderado, no afecta apenas a este cultivo nutricionalmente

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

FINCA 5.		Observaciones	
pH H <sub>2</sub> O	Nivel analítico	7,85	pH básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
Extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O			
pH CIK	pH H <sub>2</sub> O-pH CIK	0,08	Suelo muy saturado de bases, baja capacidad de aciificación.
Extracto CIK 1 M			
Carbonatos Totales	Nivel analítico %	58,33	Suelo muy calcareo.
Caliza Activa	Nivel analítico %	5,05	Pueden surgir problemas, la caliza activa afecta en estos niveles a la disponibilidad de otros elementos minerales.
Materia Orgánica (Walkey-Black)	Nivel analítico %	2,92	Suelo rico en materia orgánica, lo que favorece el complejo de cambio y la estructura del suelo.
C.I.C	Nivel analítico meq/100g	17,12	Capacidad de intercambio catiónico media, suelo con adecuada fertilidad natural.
Nitrógeno (Dumas)	Nivel analítico mg/Kg	1377	Suelo normal en nitrógeno, Abonado de fondo adecuado o ritmo de mineralización de la materia orgánica normal.
Calcio Disponible	Nivel analítico meq/100g	12,07	Adecuada disponibilidad de calcio, lo que además puede tener un efecto favorable sobre la estructura del suelo.
Magnesio Disponible	Nivel analítico meq/100g	2,02	Adecuada disponibilidad de magnesio.
Potasio Disponible	Nivel analítico meq/100g	0,25	Escasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
Hierro	Nivel analítico mg/Kg	-9,8	Escaso en hierro bajo.
Manganeso	Nivel analítico mg/Kg	36,7	Contenido en manganeso normal aunque seán necesarios pHs ácidos para que adopte formas disponibles.
Cobre	Nivel analítico mg/Kg	-0,85	Escaso contenido en cobre.
Zinc	Nivel analítico mg/Kg	0,43	Escaso contenido en zinc.
C/N	Nivel analítico	12,3	Materia orgánica poco dscompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de MO.

#### Observaciones generales, finca 5:

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH del suelo no va a limitar el desarrollo normal de la mayor parte de los cultivos

Contenido en caliza moderado, no afecta apenas a este cultivo nutricionalmente.

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

**FINCA 6.**

			<b>Observaciones</b>
<b>pH H2O</b> Extracto 1/2,5 H2O	<b>Nivel analítico</b>	<b>8,07</b>	ph fuertemente básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
<b>pH CIK</b> Extracto CIK 1 M	<b>pH H2O-pH CIK</b>	<b>0,28</b>	Suelo muy saturado de bases, baja capacidad de aciificación.
<b>Carbonatos Totales</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>17,69</b>	Suelo algo calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>4,43</b>	No deben esperarse problemas, la caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	<b>Nivel analítico %</b>	<b>2,02</b>	Suelo rico en materia orgánica, lo que favorece el complejo de cambio y la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>11,87</b>	Capacidad de intercambio catiónico media, suelo con adecuada fertilidad natural.
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>1165</b>	Suelo rico en nitrógeno, Abonado de fondo alto o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy elevado.
<b>Calcio Disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>13,4</b>	Elevada disponibilidad de calcio, aunque esto podría perjudicar la asimilación de potasio y magnesio
<b>Magnesio Disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>1,24</b>	Adecuada disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio Disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>0,3</b>	Excasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
<b>Hierro</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>19,2</b>	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>91,7</b>	Contenido en manganeso normal aunque seán necesarios pHs ácidos para que adopte formas disponibles.
<b>Cobre</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>0,13</b>	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>3,51</b>	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	<b>Nivel analítico</b>	<b>10,07</b>	Materia orgánica poco dscompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de MO.

**Observaciones generales, finca 6:**

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH del suelo no va a limitar el desarrollo normal de la mayor parte de los cultivos

Contenido en caliza alto, se puede producir limitación en el desarrollo y la nutrición.

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

**FINCA 7.**

**Observaciones.**

<b>pH H2O</b> Extracto 1/2,5 H2O	<b>Nivel analítico</b>	<b>7,69</b>	pH básico. Baja disponibilidad de la mayor parte de los minerales, especialmente P y microelementos.
<b>pH CIK</b> Extracto CIK 1 M	<b>pH H2O-pH CIK</b>	<b>0,07</b>	Suelo muy saturado de bases, baja capacidad de aciificación.
<b>Carbonatos Totales</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>60</b>	Suelo muy calcareo.
<b>Caliza Activa</b>	<b>Nivel analítico %</b>	<b>4,81</b>	No deben esperarse problemas, la caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.
<b>Materia Orgánica</b> (Walkey-Black)	<b>Nivel analítico %</b>	<b>2,43</b>	Suelo rico en materia orgánica, lo que favorece el complejo de cambio y la estructura del suelo.
<b>C.I.C</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>		
<b>Nitrógeno</b> (Dumas)	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>923,6</b>	Suelo muy pobre en nitrógeno, Abonado de fondo escaso o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo.
<b>Calcio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>18,83</b>	Muy buena disponibilidad de calcio, aunque esto podría perjudicar la asimilación de potasio
<b>Magnesio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>1,27</b>	Baja disponibilidad de magnesio.
<b>Potasio disponible</b>	<b>Nivel analítico meq/100g</b>	<b>0,21</b>	Escasa disponibilidad de potasio para la planta, lo que puede inducir absorción excesiva de sodio.
<b>Hierro</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>5,1</b>	Contenido en hierro bajo.
<b>Manganeso</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>54,1</b>	Contenido en manganeso normal aunque sean necesarios pHs ácidos para que adopte formas disponibles.
<b>Cobre</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>0,82</b>	Escaso contenido en cobre.
<b>Zinc</b>	<b>Nivel analítico mg/Kg</b>	<b>0,47</b>	Escaso contenido en zinc.
<b>C/N</b>	<b>Nivel analítico</b>	<b>15,23</b>	Materia orgánica poco descompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de MO.

**Observaciones generales, finca 7:**

La textura del suelo no presenta ninguna limitación al cultivo.

El pH del suelo no va a limitar el desarrollo normal de la mayor parte de los cultivos

Contenido en caliza moderado, pueden surgir problemas nutricionales en especies muy sensible.

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

## 4.18 COMPARATIVA DE LAS FINCAS.

PARÁMETRO	Unidades	Legislación			FINCA 1	FINCA 2	FINCA 3	FINCA 4	FINCA 5	FINCA 6	FINCA 7
		PNT	V Ref	Min V Ref Max							
Calcio Disponible	meq/100g	PEC-009	8	16	11,5	15,74	15,5	7,02	12,07	13,4	18,83
Caliza Activa	%CaCO <sub>3</sub>	PEC-014	1	5	1,7	5,5	6,5	1,3	5,1	4,4	4,8
Capacidad Intercambio Catiónico (CI)	meq/100g	PEC-019	15	20	16,58	19,81	16,09	4,13	17,12	11,87	
Carbonatos	CaCO <sub>3</sub>	PE-327	10	30	7,43	14,02	28,41	35	58,33	17,69	60
Cobre	mg/Kg	PEC-009	10	20	2,55	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/5)	uS/cm a 20°C	PEC-002		400	224	353	<70	335	333	268	1430
Fósforo Asimilable	mg/Kg	PEC-009			2,4	<1,37	3,86	<1,37	<1,37	<1,37	<1,37
Arena	%	PEC-018			65	65	48	86	20	52	30
Arcilla	%	PEC-018			20	15	19	0	20	5	10
Limo	%	PEC-018			15	20	33	14	60	43	60
Granulometría		PEC-018			fran-arc-aren	fran-arc-aren	franca	arenosa	fran-limosa	fran-arenosa	fran-limosa
Hierro	mg/Kg	PEC-009			34,68	<5	<5	30,13	<5	19,23	<5
Magnesio Disponible	meq/100g	PEC-009	1,5	3	1,12	1,63	2,24	0,56	2,02	1,24	1,27
Manganeso	mg/Kg	PEC-009			80,96	96,44	25,16	24,9	36,71	91,74	54,14
Materia Organica Oxidable	%	PEC-013	2	3	1,47	2,01	<0,17	0,49	2,91	2,02	2,43
Nitrogeno Dumas	mg/Kg	PEC-034	1000	1500	904,2	783,4	2243	203,9	1376	1164,7	923,6
pH (Extacto 1/2,5)		PEC-001	6,5	7,5	8,33	8,51	8,27	8,54	7,85	8,07	7,69
pH en KCl (Extacto 1/2,5)		PEC-001			7,75	7,57	7,29	8,36	7,77	7,78	7,61
Potasio Disponible	meq/100g	PEC-009	0,5	0,8	0,4	0,48	0,64	0,08	0,25	0,3	0,21
Relación C/N		PEC-041			9,46	14,9	<0,01	13,81	12,3	10,07	15,23
Zinc	mg/Kg	PEC-009			3	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	3,51	<2,5

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

Para decidir que finca es la más viable para este tipo de cultivo según los parámetros que hemos analizado, hemos establecido un límite del 20% por encima del valor máximo permitido para cada parámetro, teniendo en cuenta sobre todo la caliza activa, los carbonatos, la conductividad eléctrica y la cantidad de arcillas, ya que para el resto de componentes sus cantidades pueden ser modificadas externamente de forma fácil y barata en caso de deficiencia.

Habíamos decidido que para la granulometría el caso más favorable era el de un suelo franco, para este parámetro vemos que la totalidad de las fincas tiene unas proporciones bastante adecuadas, sobre todo en la cantidad de arcillas que son las que resultan más inadecuadas para el cultivo.

La conductividad eléctrica vemos que es bastante similar en todos los casos salvo en la finca 7 donde las cifras aumentan de una forma mucho mayor que en el resto.

La cantidad de carbonatos también es bastante elevada en las fincas 4, 5 y 7.

Según estos datos, las mejores fincas serían la 1, 2 y 6, porque los valores de los parámetros antes considerados están dentro de los límites que hemos establecido, no ocurriendo lo mismo con el resto de las fincas.

Para realizar la última decisión se tendrá en cuenta el siguiente estudio económico.

## 5. ESTUDIO ECONOMICO.

### 5.1 OBJETIVOS.

"El tratamiento y el mantenimiento de la biomasa para obtener energía renovable genera 60 veces más empleos que el sector del gas, 30 veces más que el del carbón y diez veces más que el nuclear."

Foro Universidad Sociedad Rector Claudio Moyano. Soria, 26 de mayo 2012.

#### RD 1/2012 Energía eléctrica.

Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

Por otra parte:

El Comisario Europeo de Energía apoya la biomasa en España.

En un comunicado enviado el pasado 30 de abril, el Gabinete del Comisario europeo de Energía, Günther Oettinger, confirma a AVEBIOM la preocupación surgida en Europa por la interrupción de las ayudas a las energías renovables en España. Oettinger afirma que la mayor parte de la contribución a los objetivos 20-20-20 recaerá en la biomasa y que es necesario seguir apoyando su implantación.

En la UE, en torno al 5% del consumo final de energía proviene de la bioenergía. Las proyecciones hechas por la Comisión Europea indican que el uso de la biomasa se puede doblar, y que ésta contribuirá más o menos a la mitad del esfuerzo en renovables necesario para lograr el objetivo del 20% propuesto para 2020.

"La mayor parte de este potencial puede realizarse a través del uso sostenible de la biomasa local", afirma Oettinger. La Agencia Europea de Medio Ambiente ha estimado que se podría disponer de forma sostenible de alrededor de 235 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) de biomasa en la UE, de ahora a 2020.

Más empleos con biomasa.

Con la intención de asegurar el uso eficiente de la biomasa, la Comisión también recomienda a los Estados Miembros racionalizar sus sistemas de apoyo dando prioridad a las instalaciones de calefacción y electricidad que logren el mayor rendimiento en la conversión de energía. Según Oettinger, “la biomasa y la energía eólica son las dos tecnologías principales en las que los Estados Miembros se basarán para alcanzar sus objetivos nacionales. Esto significará más empleos y un mejor desarrollo económico y social de las regiones europeas”.

Demasiada burocracia.

Uno de los grandes problemas que encuentran los empresarios y emprendedores es, además de la falta de crédito y la inseguridad regulatoria, el complicado entramado administrativo que hay en España. Es un gran reto para los empresarios conseguir que los proyectos se materialicen de forma rápida. Oettinger es contundente con esto: “la Directiva de Energías Renovables establece que los Estados Miembros deberán simplificar las diferentes normativas, y será la propia Comisión quien haga un seguimiento para que los problemas causados por las barreras administrativas se vayan mitigando”.

La Comisión, atenta a la política energética española AVEBIOM, la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa, recibió el pasado 30 de abril un comunicado del Gabinete de Oettinger en el que se recoge que: “aunque la Comisión reconoce que España tiene dificultades presupuestarias importantes y que, por otra parte, está en vías de superar en 2020 el objetivo nacional obligatorio de 20% de energías rentables fijado para ese año, recomienda que las reformas de los regímenes de ayuda a las energías renovables se hagan conforme a las mejores prácticas existentes en Europa”. Y continúa “los Estados miembros deberían evitar los mecanismos que comienzan y se interrumpen de manera repentina y procurar minimizar los trastornos y la confusión para los inversores y los operadores del mercado, que generan los puestos de trabajo y el crecimiento que Europa necesita”.

El comunicado del Gabinete de Oettinger finaliza de forma contundente: “permítame asegurarle que la Comisión permanece atenta al curso de la política de energías renovables en España, para determinar si es necesario tomar medidas al respecto”.

El presente estudio económico pretende justificar que este proyecto denominado “ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS” es viable en situaciones de demanda del producto elegido.



Actualmente, solo las industrias que obtuvieron todas las licencias antes del 27 de enero del presente, tienen subvenciones para el desarrollo del normal negocio. Como cabe esperar esto limita, y parece ser que mucho según los medios del sector, una implantación de este cultivo. Las claves están en que el actual gobierno rectifique el RD 1-2012 y todas las industrias que se iban a implantar, retomen las inversiones previstas. En la actualidad solo tiene sentido si se vende a empresas ya instaladas, o se transforma para energía térmica en forma de pellets.

## 5.2 Fabricas actualmente existentes.

Localidad	Provincia	Empresa	Tn/año	Producción
Ejea de los Caballeros	Zaragoza	IDERMA	18.000	2 MW
El Burgo de Ebro	Zaragoza	SAICA	-	50 MW
Sangüesa	Navarra	ACCIONA	-	20 MW
La Riba	Tarragona	PAPELERA DE LA RIBA	-	-
Morata de Jalón	Zaragoza	Cemex España	37.700	-
Corduente	Guadalajara	IBERDROLA	18.000	2 MW

## 5.3 Fábricas en estudio.

Localidad	Provincia	Empresa	Tn/año	Producción
Andorra	Teruel	Foresta Capital	240.000	20MW
Albarracin	Teruel	Caja R.Teruel y otros	18.000	2 MW
Ejea de los Caballeros	Zaragoza		18.000	2 MW
Zaragoza	Zaragoza	ENCE Energia Aragon SL	240.000	20 MW
Sariñena	Huesca	Biomasa Monegros	18.000	2 MW
Grañen	Huesca	Agrogenera	18.000	2 MW

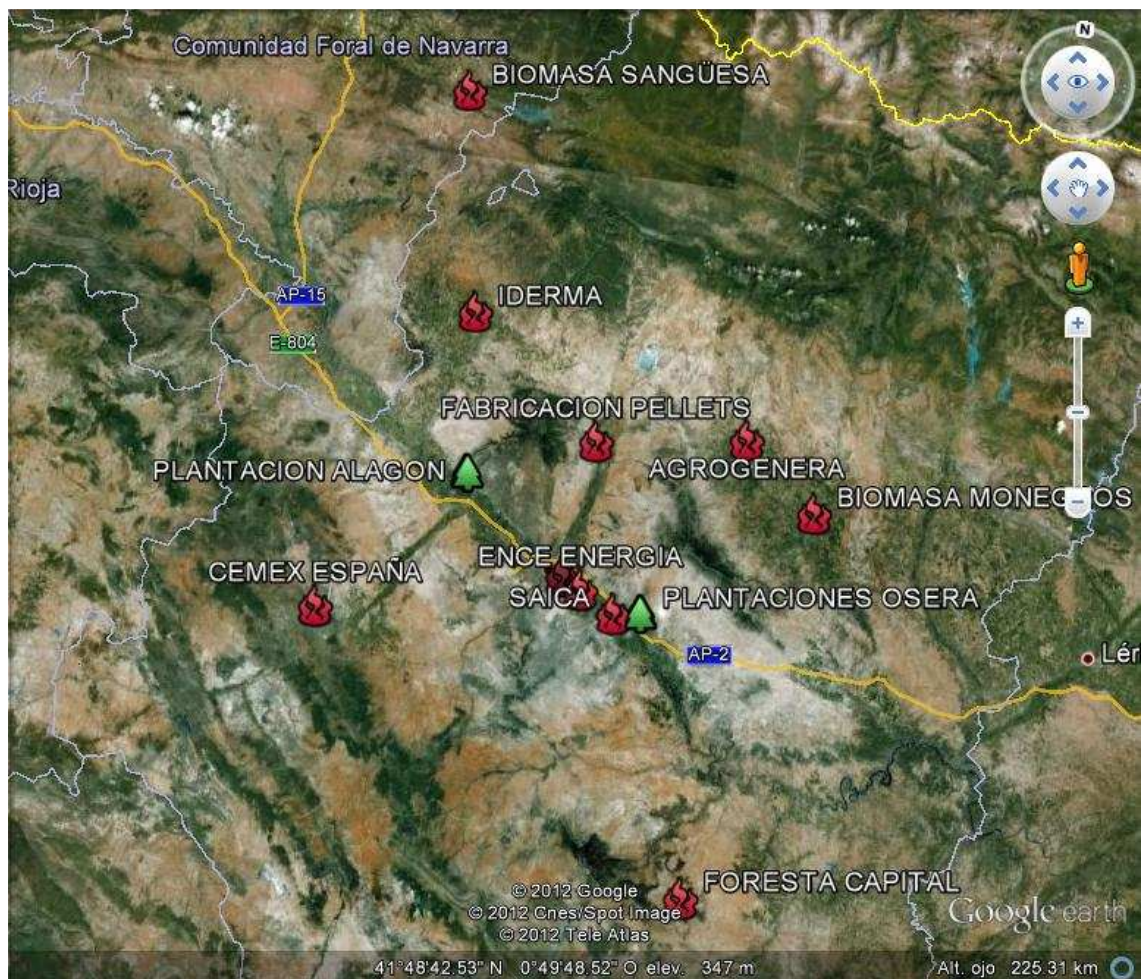
Por otra parte existen dos empresas de fabricación de pellets para calefacción y agua caliente sanitaria en la zona, una en Zuera (Zaragoza) y otra en Zaragoza, con un consumo de más de 20.000 Tn, a parte de diversos proyectos en estudio.

La suma total de la biomasa consumida en las fabricas existentes es de un mínimo de 73.700 Tn/año, sin tener cuenta los datos no disponibles de las otras fabricas. Y una posible demanda de las fábricas en estudio de 552.000Tn/año. Todo esto junto con las 20.000 Tn consumidas por los pellets.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*

Nosotros disponemos anualmente de 7000 Tn, lo que constituye en las fabricas existentes, eliminando de clientes las fabricas de La Riba, Corduente y Albarracín, por la distancia a recorrer, un 12,5% de su consumo anual, pudiéndose ampliar este ratio en el caso de nuevas incorporaciones al mercado de alguna de las fabricas en estudio y aquellas de las que no tenemos datos, lo que supondría un total de 1.500.000 toneladas en total. En este caso el % seria de 0,47, por lo que no tendríamos dificultad para su venta.

De cualquier modo, se estudian dos versiones en cuanto a precio de venta final para producción de energía eléctrica, comparando entre ellas las distancias a recorrer. Todos los precios expresados son de mercado y las hipótesis planteadas son para una venta en un radio de 100 kilómetros, lo que elimina las posibilidades en provincias colindantes.



*Ubicación de los grandes consumidores de biomasa.*

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*

EMPRESA	LOCALIDAD	ALAGON	OSERA
		km	km
Caja R Teruel y otros	Albarracín	205	180
Foresta Capital	Andorra	135	82
Sangüesa Biomasa	Sangüesa	111	171
Iderma	Ejea	50	107
Cemex España	Morata de Jalón	61	101
Agrogenera	Grañen	104	89
Biomasa Monegros	Sariñena	129	72
	Zuera	57	59
SAICA	El Burgo de Ebro	48	24
ENCE	El Burgo de Ebro	48	24
Bioebro	Zaragoza	30	30

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

## 5.4 CÁLCULO DEL TIR, VAN PAY BACK 50 Km.

Hectáreas Plantadas	100	ha
Producción	35	Tn/ha/año
Número de años del ciclo	2	años
Numero años amortización	0	años
Inversión	0	€/ha
Radio de distribución = 50 Km.	12	€/Tn

costes	alquiler	Canón riego	labores previas	herbicidas	plantación
	500	100	70	110	1200
	MO	Vehículos	Maquinaria		
	975000	67500	6000	69900	€

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
<b>VENTAS Tn Biomasa</b>									
Tn biomasa vendidos		0	7.000	0	7.000	0	7.000	0	7.000
Precio Venta (€/Tn)		85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
<b>Ventas Totales (€)</b>		<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>
<b>COSTES</b>									
Costes de Plantación		267.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900
Costes de Cosechado		0	49.000	0	49.000	0	49.000	0	49.000
Costes de Transporte		0	84.000	0	84.000	0	84.000	0	84.000
<b>Total Costes</b>		<b>267.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>
<b>MARGEN BRUTO</b>		<b>-267.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
<b>EBITDA</b>		<b>-267.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
Amortizaciones		0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBIT</b>		<b>-267.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
Gastos Financieros		0	0	0	0	0	0	0	0
Resultados Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BAI</b>		<b>-267.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
Impuestos (35%)		0	112.385	0	112.385	0	112.385	0	112.385
<b>BDI</b>		<b>-267.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>
<b>CASH FLOW OPERATIVO</b>	<b>0</b>	<b>-267.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.

	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16
<b>VENTAS Tn Biomasa</b>								
Tn biomasa vendidos	0	7.000	0	7.000	0	7.000	0	7.000
Precio Venta (€/Tn)	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
<b>Ventas Totales (€)</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>
<b>COSTES</b>								
Costes de Plantación	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900
Costes de Cosechado	0	49.000	0	49.000	0	49.000	0	49.000
Costes de Transporte	0	84.000	0	84.000	0	84.000	0	84.000
<b>Total Costes</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>	<b>147.900</b>	<b>273.900</b>
<b>MARGEN BRUTO</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
<b>EBITDA</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
Amortizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBIT</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>
Gastos Financieros	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultados Extraordinarios	0	0	0	0	0	0		1.360.000
<b>BAI</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>321.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.681.100</b>
Impuestos (35%)	0	112.385	0	112.385	0	112.385	0	588.385
<b>BDI</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.092.715</b>
<b>CASH FLOW OPERATIVO</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>208.715</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.092.715</b>

IR

VAN (WACC = 6,64%)

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

## 5.5 CÁLCULO DEL TIR, VAN PAY BACK 100 Km.

Hectáreas Plantadas	100	ha
Producción	35	Tn/ha/año
Número de años del ciclo	2	años
Numero años amortización	0	años
Inversión	0	€/ha
Radio de distribución = 100 Km	22	€/Tn

Costes	Alquiler	Canón Riego	Labores Previas	Herbicidas	Plantación
	500	100	70	110	1200

MO	Vehículos	Maquinaria		
975000	67500	6000	69900	€

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
<b>VENTAS Tn Biomasa</b>									
Tn biomasa vendidos		0	7.000	0	7.000	0	7.000	0	7.000
Precio Venta (€/Tn)		85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
<b>Ventas Totales (€)</b>		<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>
<b>COSTES</b>									
Costes de Plantación		267.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900
Costes de Cosechado		0	49.000	0	49.000	0	49.000	0	49.000
Costes de Transporte		0	154.000	0	154.000	0	154.000	0	154.000
<b>Total Costes</b>		<b>267.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>
<b>MARGEN BRUTO</b>		<b>-267.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
<b>EBITDA</b>		<b>-267.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
Amortizaciones		0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBIT</b>		<b>-267.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
Gastos Financieros		0	0	0	0	0	0	0	0
Resultados Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BAI</b>		<b>-267.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
Impuestos (35%)		0	87.885	0	87.885	0	87.885	0	87.885
<b>BDI</b>		<b>-267.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>
<b>CASH FLOW OPERATIVO</b>	<b>0</b>	<b>-267.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.



	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16
<b>VENTAS Tn Biomasa</b>								
Tn biomasa vendidos	0	7.000	0	7.000	0	7.000	0	7.000
Precio Venta (€/Tn)	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
<b>Ventas Totales (€)</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>	<b>0</b>	<b>595.000</b>
<b>COSTES</b>								
Costes de Plantación	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900	147.900	140.900
Costes de Cosechado	0	49.000	0	49.000	0	49.000	0	49.000
Costes de Transporte	0	154.000	0	154.000	0	154.000	0	154.000
<b>Total Costes</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>	<b>147.900</b>	<b>343.900</b>
<b>MARGEN BRUTO</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
<b>EBITDA</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
Amortizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBIT</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>
Gastos Financieros	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultados Extraordinarios	0	0	0	0	0	0		1.360.000
<b>BAI</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>251.100</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.611.100</b>
Impuestos (35%)	0	87.885	0	87.885	0	87.885	0	563.885
<b>BDI</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.047.215</b>
<b>CASH FLOW OPERATIVO</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>163.215</b>	<b>-147.900</b>	<b>1.047.215</b>
IR								
<b>VAN (WACC = 6,64%)</b>								

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

## **5.6 CONCLUSIONES.**

Teniendo en cuenta la analítica de las tierras ensayadas, habíamos establecido que las fincas más adecuadas eran las de Alagón y Osera para este tipo de cultivo, estando estas situadas en los extremos de la zona definida para el estudio.

Hemos hecho un estudio económico basándonos en la distribución de la materia prima a dos distancias diferentes (50 y 100 Km) que pensamos son las distancias mas adecuadas y viables económicamente, ya que el resto de costes son los mismos en todos los casos, al igual que los ingresos. Vista la Tasa de Retorno, que es muy favorable en cualquiera de los dos casos, con 50 Km. Podríamos obtener un 21,37% frente al 13,37% en el caso de que la finca estuviera situada a 100 Km. de los centros de consumo

Y por último, hemos visto las posibilidades actuales y futuras para la distribución del material producido.

En este momento, la mayor demanda de consumo esta situada mas cerca del término municipal de Osera de Ebro, SAICA(24 Km. y 50 Mw. instalados), Bioebro (30 Km., pellets), y lo mismo ocurre con futuras instalaciones, ENCE (24 Km. y 20 Mw. en fase de autorización administrativa, BOA 06/03/12), frente a la posibilidad de Alagón que dobla en kilómetros la distancia a estas mismas instalaciones eléctricas e iguala la distancia a Bioebro, y dispone de 2 Mw. eléctricos instalados mas en Ejea de los Caballeros a 50Km . En el caso de aumentar la distancia a 100 Km., también se da el caso de mayor potencia generada más cercana a Osera de Ebro que a Alagón.

Con estos datos, concluimos que la finca de Osera de Ebro es la más apropiada.



## 6.ANEJO FOTOGRÁFICO.

### Proceso de campo.



*Trabajos previos, subsolado.*



*Trabajos previos, plantación.*

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



*Plantación con 3 meses.*



*Plantación con nueve meses.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



*Plantación con 16 meses.*



*Cosechado.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.



*Carga de madera troceada sobre camión.*



*Carga de madera troceada sobre trituradora.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.



**Material resultante.**



*Pellets para calderas térmicas.*



*Pellets ensacados para uso domestico de calefacción y ACS.*

*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



*Astillas para generación eléctrica.*



*Tronco para troceado.*

---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.

**Centrales eléctricas:**

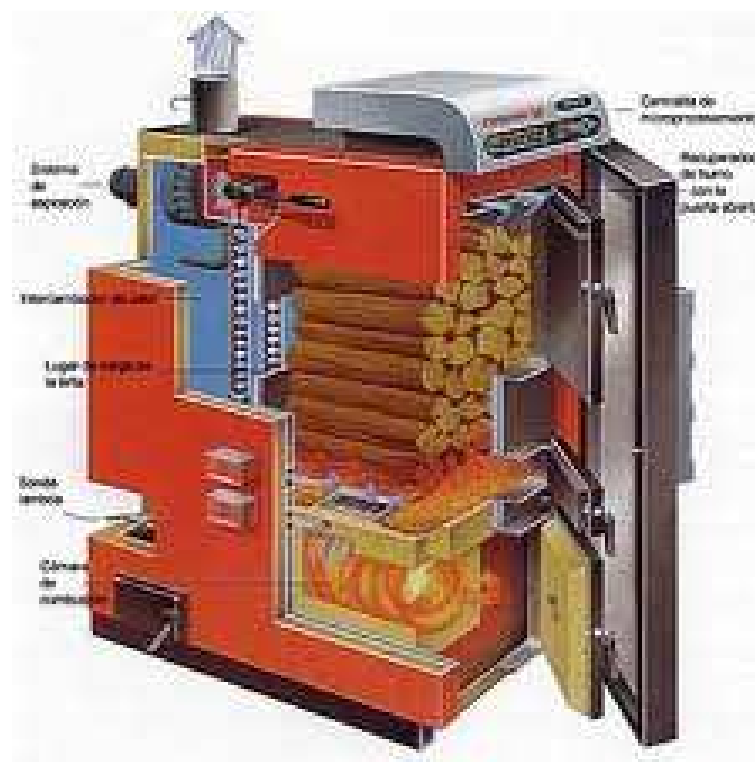


*Central de Viana.*



*Central en Jaén.*

### Calderas domesticas y comunitarias.





*ANÁLISIS DE TIERRAS PARA CULTIVOS DE ROTACIÓN CORTA EN LOS DESARROLLOS  
INDUSTRIALES A PARTIR DE BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS.*



---

**Autor:** María José Burillo Yagüe.

**Director:** José Ignacio Pérez Sanz.

**Especialidad:** Ingeniería Técnica Industrial: Química Industrial.

**Fecha:** Septiembre 2012.